Abordarea Calculelor Neutronice pentru Demonstratorul ALFRED

Budriman Georgiana - Alina
RATEN ICN, Mioveni, România
georgiana.budriman@nuclear.ro

1.	Reactor physics and nuclear safety	☒
2.	Physics and engineering of nuclear materials	☐
3.	Applied Chemistry of Nuclear Systems	☐
4.	Nuclear Facility Engineering	☐
5.	Robotics and automation in nuclear facilities	☐
6.	Radioactivity: applications, dosimetry, radiation protection, radioactive waste management	☐
7.	Vocational training and education for the nuclear field	☐
8.	Advanced reactors, SMRs and emerging technologies	☐
9.	Artificial Intelligence and Digital Twin in Nuclear	☐
10.	Nuclear Photonics	☐
11.	Nuclear fusion	☐

Abordarea Calculelor Neutronice pentru Demonstratorul ALFRED

Budriman Georgiana - Alina
RATEN ICN, Mioveni, România
georgiana.budriman@nuclear.ro

ABSTRACT

Acronimul ALFRED provine de la Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator și reprezintă un reactor demonstrativ de generatia a IV-a. Tehnologia de bază este cea de reactor rapid răcit cu plumb, aceasta fiind aleasă deoarece oferă o securitate pasivă deosebită. Plumbul are un punct de fierbere extrem de înalt de 1745ºC, ceea ce elimină riscul de depresurizare sau pe cel al exploziilor de hidrogen. Pe lângă siguranță, spectrul de neutroni rapizi oferă o sustenabilitate superioară, utilizând mai eficient resursele de uraniu și reducând drastic volumul și toxicitatea deșeurilor radioactive înalt active. Din punct de vedere strategic, a fost aleasă platforma RATEN-ICN de la Mioveni pentru implementarea acestei tehnologii inovatoare. RATEN-ICN gestionează activități de cercetare-dezvoltare la nivel național și reprezintă România în Consorțiul EAGLES (European Advanced Generation IV Lead-Cooled Energy System). Pe platformă se dezvoltă o infrastructura experimentală unică ce include instalații mari precum ATHENA, Melting'Pot, HELENA2 etc., special concepute pentru testarea materialelor structurale și a componentelor direct în plumb topit. Munca echipei noastre se axează pe validarea design-ului de referință prin simulări numerice. Acest proiect poate genera și o sinergie regională puternică și cu Centrul Universitar Pitesti, ce este un ajutor in formarea viitoarei resurse umane din domeniul nuclear.

Reactorul ALFRED este proiectat pentru o putere termică de 300 de MW, operând în domeniul de temperatură al plumbului cuprins între 400 °C (la intrare) și 520 °C (la iesire). Din punct de vedere neutronic, zona activă a reactorului este compusă din 253 de ansambluri aranjate într-o rețea triunghiulară, protejate de o teacă de otel și având o forma hexagonală, incluzând 56 de ansambluri combustibile în zona interioară, 78 de ansambluri combustibile în zona exterioară, 12 ansambluri de bare

de control, 4 sisteme de securitate, un ansamblu dedicat testării, plus ansamblurile reflectoare și de ecranare care înconjoară zona activă. Drept combustibil este folosit un oxid mixt Uraniu-Plutoniu în raport hipo-stoichiometric având două îmbogatiri ($PuO_{1.97}$ / $(U,Pu)O_{1.97}$) pentru regiunile interioară și exterioară ale zonei active: 20.5 wt% și, respectiv 26.2 wt%. Pentru a simula fizica complexă a acestui reactor, am utilizat codul probabilist de calcul neutronic MCNP.

A fost dezvoltat un model geometric folosind codul MCNP, pornind de la cea mai mică unitate structurală, celula de combustibil, apoi s-a trecut la un model puțin mai complex, cel al unui ansamblu combustibil ALFRED ce constă din 126 de elemente combustibile situate în jurul unui ansamblu fals (gol). În final, am extins modelul la nivel de supercelulă combustibilă. Aceasta structură extinsă are in centrul său un ansamblu dedicate barelor de control (în număr de 32, în acest exemplu), înconjurat de 18 ansambluri combustibile.

Acest model poate fi folosit pentru calculul factorului de multiplicare infinit și determinarea spectrului neutronic pe 172 de grupe de energie. Pot fi, de asemenea, obținute secțiunile eficace microscopice monogrupale pentru principalii izotopi fisionabili și cei care intră în alcătuirea materialelor de structură, cum ar fi Pu 239, 241, U 235 și 238, Fe 56 din oțeluri sau Pb 208, urmărind reacțiile de fisiune, captură sau împrăștiere inelastică. Vor putea fi obținute și secțiunile macroscopice pe 6 grupe de energie, factorii de criticitate (factorul de reproducere, factorul de utilizare termică), maparea distribuțiilor de flux și de putere, evaluarea eficacității sistemelor de oprire, precum și calcule de ardere a combustibilului în timp.